

ляющих более эффективно и с высокой скоростью проводить очистку сточных вод гальванических производств.

Высокоэффективные собиратели должны удовлетворять определенным требованиям: поверхностная активность, способность образовывать соединение с коллигеном, селективность, достаточная пенообразующая способность, плохая растворимость сублата, использование без дополнительных реагентов, доступность и т. д. [6].

Нами проведён целый комплекс исследований по очистке гальваносток от ИТМ с применением высокоэффективных собирателей различных классов, ранее не используемых для этой цели, а также разработаны технологические схемы концентрирования ИТМ из гальваносток.

Применение высокоэффективных собирателей позволило не только обеспечить очистку сточных вод гальванических производств до нормативных требований, но и оптимизировать флотационный процесс извлечения ИТМ (сократить продолжительность флотации, проводить флотационный процесс в одну стадию при нейтральных значениях рН сточных вод), что усовершенствовало существующие технологические схемы очистки и повысило их эффективность. [6].

Библиографический список

1. Смирнов Д. Н., Генкин В. Е. Очистка сточных вод в процессах обработки металлов – М.: Металлургия, 1980. – 224 с.
2. Халдеев Г. В., Кичигин В. И., Зубарева Г. И. Очистка и переработка сточных вод гальванического производства. – Пермь: ПГУ, 2005. – 124 с.
3. Зубарева Г. И., Черникова М. Н. Очистка хромсодержащих сточных вод от соединений хрома (VI) с применением флотации // Экология и промышленность России, 2010, №10. – с. 14-15
4. Зубарев М. П., Зубарева Г. И., Торопов Л. И., Костин Л. П. Технология очистки сточных вод гальванического производства от ионов тяжелых металлов // Изв. вузов. Цветная металлургия, 1999, №6. – с. 13-15
5. Скрылёв Л. Д., Бабинец С. К., Костик В. В. и др. Флотационная очистка сточных вод гальванического производства // Химия и технология воды. - 1990. Т. 12, №2. – с. 168-170.
6. Дегтев М. И., Зубарева Г. И. Очистка сточных вод гальванического производства от ионов тяжелых металлов с применением высокоэффективных собирателей. Учебное пособие. – Пермь : ПГУ, 2003.- 82 с.

АНАЭРОБНАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПИВОВАРЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ю.А. МИФТАХОВА, Н.А. ПЕТРОВА

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

Потребности в воде огромны и ежегодно возрастают. Водное хозяйство пивоваренных предприятий не стоит в ряду самых водоемких отраслей промышленности, однако предъявляет достаточно высокие требования к ее качеству.

Для сточных вод пищевой, химико-фармацевтической, микробиологической, целлюлозно-бумажной и некоторых других отраслей промышленности, а также животноводства характерны высокие концентрации биологически легко разлагаемых органических загрязнений (БПК₅ 1000 – 10000 мг/л, в отдельных случаях до 80000 мг/л). Многие из этих стоков содержат ценные примеси, извлечение которых экономически оправдано. При высоком содержании органических загрязнений (более 1000 мг/л) или биостойких и биотоксичных веществ технология очистки сточных вод многостадийна и может включать анаэробную и аэробную биологическую очистку, физико-химическую доочистку и другие методы. Некоторые сточные воды пищевой промышленности, животноводства, а также производства минеральных удобрений содержат азот в избытке по отношению к содержанию органического углерода. В таких случаях требуется биологическая очистка с удалением избытка азота из сточных вод нитрификацией и денитрификацией.

В ходе технологического процесса пивоварения в воду попадают разнообразные вещества во взвешенном и растворенном состоянии. В сточных водах пивоваренного производства содержатся:

- остатки сула и пива;
- промывная вода;

- стоки, содержащие остатки хмеля;
- средства от смазки оборудования;
- теплые загрязненные стоки (отработанный раствор из бутылкомоечной машины с нерастворенными твердыми веществами – бумажная пульпа, шлам и т.д., растворенные вещества, такие как едкий натр, соли металлов, а так же следы масел и жиров);
- стоки, содержащие взвеси.

Сточные воды содержат сравнительно большое количество биогенных элементов: азота, фосфора и калия. Это имеет большое значение при их биологической очистке. Показатели, характеризующие загрязнения сточных вод, – окисляемость, БПК₅ и содержание взвешенных веществ – в среднем в два раза выше, чем в типичных городских стоках, но на отдельных предприятиях они могут быть несколько меньшими, а на других – в несколько раз большими.

Таблица 1

Состав сточных вод пивоваренных предприятий

Показатели	В среднем	Минимум	Максимум
рН	7,3	5,1	Выше 9,0
БПК ₅ , мг/л	611,3	1,0	8830
Окисляемость перманганатная, мг/л	380	21,6	4480
Взвешенные вещества, мг/л	303,6	0	5885
Сухой остаток, мг/л	913,7	280	13020

Сточные воды пивоваренной промышленности подвергаются биологической очистке. Для очистки стоков с высокой концентрацией органических загрязнений наиболее экономична анаэробная очистка. Однако содержание загрязнений в воде, прошедшей только анаэробную очистку, можно понизить лишь до 200-300 мг/л (по ХПК). При этом органические соединения азота и фосфора минерализуются, в среде накапливаются ионы аммония и фосфаты. Сточные воды, обработанные анаэробным методом должны подвергаться более глубокой, аэробной очистке. Поэтому современные схемы биологической очистки воды с высоким ХПК (> 2000-3000 мг/л) предусматривают двухстадийный анаэробно-аэробный процесс удаления загрязнений. В таком процессе основная часть загрязнений удаляется высокопроизводительным анаэробным методом, а оставшаяся часть – аэробно- и на стадиях третичной очистки до требуемых норм. Стоки с высокой концентрацией направляются в анаэробный биореактор, где подвергаются биоконверсии; после анаэробного разложения остатки загрязнений, содержащиеся в иловой воде, окисляются аэробно в аэротенке или биофильтре. Анаэробно-аэробная схема позволяет уменьшить загрязненность вод на 98,0-99,8 %.

Анаэробная обработка осуществляется на современных ASB – реакторах.

Большинство разработанных реакторов работают в непрерывном режиме и используют принцип удержания биомассы. Их разделяют:

- реакторы с гранулированным слоем ила и восходящим потоком жидкости;
- реакторы с биопленкой;
- реакторы с псевдооживленным слоем ила (бактериальная масса иммобилизована на мелких инертных частицах, которые сильным потоком подаваемой в реактор жидкости удерживаются во взвешенном состоянии);
- фильтротенки и мембранные реакторы.

Наиболее широкое применение получили реакторы с восходящим потоком жидкости. В UASB – реакторе (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) – реакторе с восходящим потоком через слой анаэробного гранулированного ила – сточная вода вводится снизу через распределительные устройства и проходит вверх через слой гранулированного ила на дне реактора. Слой внизу реактора более плотный, высотой 1,5-2,5 м с концентрацией биомассы 50-100 кг/м³, а выше – разреженный с концентрацией биомассы 5-20 кг/м³. Скорость движения воды в UASB – реакторе 0,5-1,5 м/ч. Благодаря движению жидкости и образующимся пузырькам газа обеспечивается перемешивание внутри слоя ила, что способствует интенсивному протеканию процесса.

Пузырьки газа, ил и надильная жидкость разделяются в газоилоразделительном устройстве (ГИРУ), состоящем из направляющих перегородок – дефлекторов (газоотбойников), отделяющих зону сбраживания от зоны осветления и кольцевого газосборника. Дегазирован-

ный ил в основном возвращается в зону сбраживания. Сточная вода проходит в щели между газосборником и дефлекторами и попадает в зону осветления, образованную наружной поверхностью газосборника.

Реактор обеспечивает стабильное сбраживание при ХПК на входе > 1500-2000 мг/л при степени удаления ХПК 70-90 %, БПК 50-80 %, суспензированных частиц 60-80 %, быстрый отклик системы на увеличение нагрузки и восстановление работоспособности ила через 5-30 ч после перерывов в подаче воды от нескольких суток до 2-3 недель.

Недостатки UASB – реактора – образование застойных зон в слое ила и как следствие – снижение интенсивности брожения и производительности, длительная начальная наработка гранулированной загрузки, что вызывает необходимость загружать новые вновь вводимые в эксплуатацию реакторы илом, наработанным действующими реакторами. При переработке субстратов, содержащих твердые частицы, в объеме реакторов накапливаются твердые инертные вещества, что приводит к падению производительности реактора.

UASB – реакторы и их модификации хорошо зарекомендовали себя при обработке стоков заводов пищевой промышленности. В России построены или находятся в стадии проектирования интенсивные анаэробные очистные сооружения для пивоваренной промышленности, производства безалкогольных напитков, молокопродуктов.

В табл. 2 и 3 приведены основные показатели работы некоторых анаэробных реакторов и их применение в различных отраслях промышленности в России.

Таблица 2
Основные показатели работы анаэробных реакторов в мезофильном режиме (по С.В.Калужному, 2004)

Тип реактора	Средняя концентрация биомассы в реакторе, кг/м ³	Удельная площадь поверхности загрузки, м ² /м ³	Нижний предел концентрации загрязнений в стоке, кгХПК/м ³	Производительность, кгХПК/(м ³ ·сут)	Минимальное время обработки, ч
Традиционный метантенк	0,5-3	-	10	0,5-5	192-240
Контактный реактор	5-10	-	2-3	3-8	24
UASB – реактор	20-40	-	0,3	10-25	2-3
Анаэробный биофильтр	5-20	70-300	0,3	10-15	8-12
Гибридный реактор	20-30	70-300	0,3	15-25	2-3
Реактор с псевдооживленным слоем	10-40	1000-3000	0,3	30-40	0,5

Совокупность современных промышленных анаэробных реакторов обеспечивает высокие скорости осаждения твердых частиц в рабочем пространстве, что устраняет необходимость использования вторичного отстойника, высокие концентрации биомассы в биореакторе (до 40 кг/м³ по сравнению с 3-4 кг/м³ – для ила в аэротенке и 0,5-3 кг/м³ в традиционном метантенке), высокие скорости конверсии (до 40 кг/(м³·сут) по сравнению с 0,5-5 кг/м³·сут в метантенках и 2-3 кг ХПК/(м³·сут) в аэротенках), снижение времени обработки (от 0,5-1 ч до 2-3 сут по сравнению с 8-10 ч в метантенках), компактность, высокий возраст биомассы и минимальное количество образующегося ила, низкие энерго- и общие эксплуатационные затраты, капитальные затраты и занимаемую площадь. Наряду с этим, ограничения на содержание органических взвешенных частиц в сточной воде, подаваемой в анаэробный реактор, существенно менее жесткие.

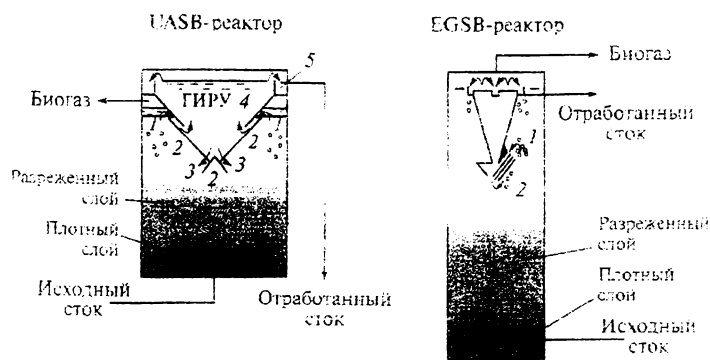


Рисунок. Принцип работы UASB – и EGSB-реакторов: 1 – вход иловой смеси; 2 – газотбойники; 3 – возврат осевшего ила; 4 – зона осветления; 5 – водосборный лоток

Таблица 3

Показатели очистки сточных вод пищевой, пивоваренной, ликероводочной и родственных отраслей промышленности с использованием высокоинтенсивных анаэробных реакторов

Стоки	Тип анаэробного реактора	Показатели работы			
		Содержание загрязнений по ХПК, кг/м ³	Нагрузка по ХПК, кг/(м ³ ·сут.)	Время пребывания стоков, сут.	Степень удаления загрязнений по ХПК, %
Барда и сточная вода спиртового и ликероводочного производства	UASB	35-100	24	-	75
Стоки пивоваренного предприятия	UASB	1,1-7,5	1,5-10,5	0,5-1	47-91
	Гибридный	2,0-2,9	1,0-1,6	1,7-2	82-92
Стоки дрожжевого производства	UASB	18-22	3,7-10,3	2,1-4,9	60,5-66,8
	Гибридный	18	9	2	78
Стоки производства безалкогольных напитков	UASB	1-31	0,5-16,5	0,5-13	50-88
	Гибридный	1-31	0,5-13	0,5-23	60-88
Стоки молокозаводов	UASB	2	1,2	1,7	95
Подсырная сыворотка	UASB	до 77	6,5-28,5		90-95
	Гибридный	0,1-14	0,5-10		75-98
Стоки крахмало-паточного производства	UASB	3-20	2-17	1-5	77-93

В условиях России проблемами анаэробной очистки пока еще остаются инициирование процесса брожения засевным илом, транспортировка больших масс засеваемого ила без потери его качеств и медленное нарастание массы гранул в реакторе, вводимом в эксплуатацию. Кроме того, ил должен быть адаптирован к спектру загрязнений стоков и содержать все необходимые группы микроорганизмов для обеспечения метаногенеза. В случае очистки сточных вод на предприятии с профилем выпускаемой продукции иным, чем для предприятия, с которого отбирается ил, проблема инокулирования реактора анаэробным илом может стать серьезной.

Данный метод очистки сточных вод с применением современных биореакторов получает все большее распространение на территории Российской Федерации. Использование подобных технологических процессов позволяет получать очищенную воду высокого качества, которая повторно используется в производстве. Таким образом, значительно сокращается потребление свежей воды промышленным предприятием, при этом решается актуальнейшая проблема нехватки технической воды высокого качества.

Библиографический список

1. Загорский В.А., Данилович Д.А., Козлов М.Н. и др. Анализ промышленного применения технологий удаления фосфора из городских сточных вод. //Водоснабжение и санитарная техника. 2004. № 5.
2. Богатеев И.А., Керин А.С., Сахно А.П. и др. Разработка, проектирование и реализация систем обработки осадков сточных вод. //Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 1.
3. Отведение и очистка сточных вод Санкт-Петербурга. Кол. авторов. С.-Петербург: Стройиздат СПб. 1999. — 424 с.:ил.
4. Кузнецов Е.А., Градова Н.Б., Лушников С.В., Энгельхарт М.В., Вайсер Т.А., Чеботаева М.В. Прикладная экобиотехнология. Т. 1.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СОПЛОВОГО АППАРАТА ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ РАНКА-ХИЛША

А.С. НОСКОВ, А.В. ХАИТ, С.Ю. ПЛЕШКОВ, студ. А.Ю. ПОСТНИКОВА

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

А.В. ЛОВЦОВ

ООО «КБ «ЧКЗ-ЮГСОН»

Во многих современных инженерных системах встречаются парокомпрессионные холодильно-нагревательные аппараты. Работа таких аппаратов основывается на теплоэнергетических циклах хладагентов. В качестве хладагентов практически всегда выступают фреон